

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-34602

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

B 23 B 19/02

識別記号

庁内整理番号

B-8709-3C

⑭ 公開 昭和64年(1989)2月6日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 スピンドル支持装置

⑯ 特 願 昭62-188389

⑰ 出 願 昭62(1987)7月27日

⑱ 発 明 者 山 村 基 久 山口県岩国市日の出町4番地14号

⑲ 出 願 人 帝人製機株式会社 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目9番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 有我 軍一郎

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

スピンドル支持装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) スピンドルをハウジング内に回転可能に支持する互いに間隔をあけて配置した第1および第2の軸受を備えたスピンドル支持装置において、少なくとも一方の軸受の両側に圧電素子又は電歪素子を設け、該圧電素子又は電歪素子を作動させて一方の軸受を軸線方向に往復動させることにより、軸受に所定の予負荷を発生させるようにしたことを特徴とするスピンドル支持装置。

(2) 前記第1および第2の軸受の両側に圧電素子又は電歪素子を設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のスピンドル支持装置。

(3) 前記スピンドルを引き抜こうとする力を検知するセンサを設け、該センサの出力に基づき該力による軸受の変位をゼロにするように前記圧電素子又は電歪素子への供給電圧差を制御することを

特徴とする特許請求の範囲第1項記載のスピンドル支持装置。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はスピンドル支持装置、詳しくはハウジング内にスピンドルを回転可能に支持する互いに間隔をあけて配置した第1および第2の軸受を有するスピンドル支持装置に関する。

(従来の技術)

一般に、工作精度を維持するためには切削による反力や引き抜き力に対してスピンドルが一定の位置を保持することが重要である。そのため、軸受に予め弾性変形を与えて剛性を高めるいわゆる予負荷をかけることが行われており、切削作業中の安定性を確保するためには適切なレベルの予負荷をかける必要がある。すなわち、回転数が高い場合に高レベルの予負荷をかけると過渡の発熱によって軸受の熱変形や焼付きの原因となることがある。したがって、スピンドルの回転数の高低、すなわち切削の軽重(一般に、重切削は、フライ

ス切削、大径のドリルなどで主軸の回転数は低速であり、軽切削は小径ドリルやボーリング切削などで回転数は高速である）によって軸受の予負荷レベルを変更することが望ましい。

従来のこの種のスピンドル支持装置としては、例えば特開昭62-57801号公報に記載されたものがある。この装置では一方の軸受の外輪まわりに固定して設けられたハブとハブから延びたウエブが形成されたダイヤフラムとを設け、このダイヤフラムに流体を作用させることにより、一方の軸受を軸線方向に微動させて軸受の予負荷レベルを変えるようにしている。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、このような従来のスピンドル支持装置にあっては、次のような問題点があった。

(1) 予負荷レベルを変えるための構造が非常に複雑であるため、製造コストが高くなるばかりか、取付けや調整の点でも手間がかかり高コスト化を招いていた。

(2) 軸受の予負荷レベルを正確に与えるために

方、軸受を軸線方向に往復動させることにより、簡単な構造で軸受に所定の予負荷を応答性よく正確に与えることができ、かつ外力に対して予負荷レベルを容易に精度よく調整できる低コストなスピンドル支持装置を提供することを目的としている。

(問題点を解決するための手段)

本発明によるスピンドル支持装置は上記目的達成のため、スピンドルをハウジング内に回転可能に支持する互いに間隔をあけて配置した第1および第2の軸受を備えたスピンドル支持装置において、少なくとも一方の軸受の両側に圧電素子又は電歪素子を設け、該圧電素子又は電歪素子を作動させて他方の軸受を軸線方向に往復動させることにより、軸受に所定の予負荷を発生させるようにしている。

(作用)

本発明では、少なくとも一方の軸受の両側には圧電素子又は電歪素子が設けられる。そして、該素子を作動させて一方の軸受を軸線方向に往復動

は力の管理と軸受外輪の位置変化を正確に行うことが不可欠であるが、上記従来例はダイヤフラムへの流体作用の制御であり、力の制御はほぼ正確にできるものの位置の制御は不正確であった。したがって、外輪を任意の位置で正確に保持することができず、予負荷レベルを正確に維持することができない。また、位置を計測するための機構も必要となる。

(3) 軸受をほぼ任意の位置で保持した状態の場合、スピンドル側から外力が加わると予負荷レベル状態が変化する。この外力に抵抗し、その位置にとどめようとすると、流体の圧力を増減させることになるが、流体作用によって数ミクロンの位置制御は不可能である。

このように、流体作用によって予負荷レベルを変える従来装置では、コスト面や制御精度面で問題点があった。

(発明の目的)

そこで本発明は、軸受の両側に圧電素子又は電歪素子を設け、該素子を作動させて少なくとも一

させている。したがって、軸受に所定の予負荷が発生する。

(実施例)

以下、本発明を図面に基づいて説明する。

第1図は本発明の第1実施例であり、本実施例は本発明をマシニングセンター等の工作機械の主軸頭に設けられたスピンドル支持装置に適用した例である。

まず、構成を説明する。第1図において、1は工作機械の主軸頭に固定されたスピンドル支持装置であり、2は図示しない工作機械本体の駆動装置により回転駆動されるスピンドルである。スピンドル2の前端部2aにはスピンドル2を支持するアンギュラ玉軸受(第1の軸受)3、4が設けられ、アンギュラ玉軸受3、4の内輪はそれぞれスピンドル2の前端部2aに係合され、アンギュラ玉軸受3の内輪の一端面はさらにスピンドル2の半径方向突起部2bに係合される。アンギュラ玉軸受3、4の外輪はハウジング5の内径部5aに係合され、アンギュラ玉軸受3の外輪の一端面

はベアリング押さえとなる前カバー6に、アンギュラ玉軸受4の外輪の一端面はハウジング5の内径部5aより小径の突起部5bに係合される。アンギュラ玉軸受4の内輪はディスタンスリング7を介してアンギュラ玉軸受8に当接し、アンギュラ玉軸受(第2の軸受)8、9の内輪はそれぞれスピンドル2の後端部2cに係合される。また、アンギュラ玉軸受9の内輪はディスタンスリング10を介してナット11に当接し、これらアンギュラ玉軸受3、4の内輪、ディスタンスリング7、アンギュラ玉軸受8、9の内輪およびディスタンスリング10はスピンドル2のネジ部2dでナット11により螺合され共締めされる。アンギュラ玉軸受8の外輪の一端面はリング状の第1圧電素子12を介してハウジング5の内径部5aおよび突起部5bに当接し、アンギュラ玉軸受9の外輪の一端面はリング状の第2圧電素子13を介してハウジング5の内径部5aおよびベアリング押さえとなる後カバー14に当接する。したがって、アンギュラ玉軸受8、9の内輪はスピンドル2の後端部2cに

ル2に取り付けられた状態を示している。

以上の構成において、切削工具21を取り付けた状態で回転するスピンドル2の回転数を図示しない回転数センサで検出し、この回転数に基づいて第1および第2圧電素子に印加する電圧を変化させ、アンギュラ玉軸受8、9にかかる予負荷レベルを調整する。すなわち、回転数が低い重切削の場合には第1圧電素子12に印加する電圧を大きくするとともに、第2圧電素子13に印加する電圧を小さくして、アンギュラ玉軸受8、9の外輪を予負荷が増大する図中右方向に移動させて予負荷レベルを高める。また、回転数が高い軽切削の場合には第1圧電素子12に印加する電圧を小さくするとともに、第2圧電素子13に印加する電圧を大きくして、アンギュラ玉軸受8、9の外輪を図中左方向に移行させて予負荷レベルを下げる。

このように、本実施例ではアンギュラ玉軸受(第1の軸受)3、4がスピンドル2およびハウジング5に固定されるとともに、アンギュラ玉軸受(第2の軸受)8、9の内輪はスピンドル2に

固定される一方で、その外輪は圧電素子12、13の伸縮によって軸線方向に摺動可能に支持される。ここで、スピンドル2の回転数は約100~1万RPMの範囲内で用いるものとすれば、予負荷レベルの変更による第1および第2の圧電素子の軸線方向の変化は $\pm 5 \sim 10 \mu m$ 程度となる。したがって、本実施例では第1圧電素子12および第2圧電素子13には圧電セラミックを約100枚積層し一体焼結したものを用いている。

ハウジング5には圧電素子12、13を作動させるためのリード線を連通する連通孔15、16、17が設けられており、リード線は連通孔15、16、17を通して外部の図示しない制御装置に導かれる。一方、前カバー6は複数のボルト18にてハウジング5の前端部に固着され、後カバー14は複数のボルト19にてハウジング5の後端部に固着される。また、スピンドル2と前カバー6との間にはシール部材20が設けられており、外部からの塵埃等の侵入を防止し、内部の気密状態を保持する。なお、21は切削工具であり、図中では切削工具21はスピンドル

固定され、外輪は第1圧電素子12あるいは第2圧電素子13を介して軸線方向に往復動するようにハウジング5あるいは後カバー14に当接させている。そして、回転数に応じて圧電素子12、13に印加する電圧を変化させることにより、アンギュラ玉軸受8、9の外輪を軸線方向に微動させてスピンドル2に対する予負荷を調整している。したがって、非常に簡単な構造でアンギュラ玉軸受8、9の位置を任意に、かつ正確に保持することが可能となり、回転数に応じた予負荷レベルを軸受に正確に与えることができる。また、圧電素子を用いているため、流体作用を用いる従来例のものに比して格段に応答性(数msec)がよく、位置分解能も極めて高いものにすることができるので、外力の発生に対して予負荷レベルを数ミクロンのオーダーで迅速かつ正確に調整することができる。さらに、可動部分が少なく部品点数も大幅に減少させているため、低コスト化を図ることが可能であり、軸受の取付や保守に関する手間を大幅に短縮して安価で精度よく信頼性の高い装置を実現することが

できる。

なお、本実施例では前側の軸受を固定にして、後側の軸受を圧電素子により差動させる態様を示したが、勿論これには限定されず、前側の軸受を可動にし、後側の軸受を固定にするようにしてもよい。但し、現実的には切削反力はスピンドルを押し込む方向への反力が引き出す方向よりも強い場合が多いため、本実施例のように大きな反力を受ける前側を固定の方が有利である。

また、本実施例では軸受にアンギュラ玉軸受を使用しているが、これに限らず、要は軸線方向に対して往復動する軸受であれば他の軸受、例えば円すいころ軸受を用いてもよいことは言うまでもない。

以上の第1実施例は一方の軸受の両側のみに圧電素子を設ける態様を示したが、前後両軸受にそれぞれ圧電素子を設けるようにしてもよく、この態様を次の第2実施例で示す。

第2図は本発明の第2実施例を示す図であり、第1実施例と同一構成部分には同一番号を付して

が設けられ、回転数に基づいて第1～第4圧電素子に印加する電圧を変化させてアンギュラ玉軸受31、32、8、9にかかる予負荷レベルが調整される。したがって、発熱によりスピンドル2が伸びるような場合であっても軸受の予負荷を一定にしたままでスピンドル2を後方に移動させることができ、主軸の前端面を動かさずに予負荷を変更することが可能になる。その結果、本実施例では本発明の効果をより一層向上させることができる。

第3図は本発明の第3実施例を示す図であり、第1実施例と同一構成部分には同一番号を付してその説明を省略する。

第3図において、41は変位検出用の圧電素子であり、圧電素子41はハウジング5の突起部5bと第1圧電素子12との間に配設されている。圧電素子41はスピンドル2に図中左方向の引き抜き力が発生すると、この力に比例した電界（電位差）が発生し、これを検出することにより力を測定するようにしている。ここで、力検出用の圧電素子41は力に対してほとんど変位しないよう剛性が高い

その説明を省略する。

第2図において、31、32はアンギュラ玉軸受であり、アンギュラ玉軸受31、32の内輪はそれぞれスピンドル2の前端部2aに係合され、アンギュラ玉軸受3の内輪の一端面はさらにスピンドル2の半径方向突起部2bに係合される。アンギュラ玉軸受31、32の外輪はハウジング5の内径部5aに当接し、アンギュラ玉軸受31の外輪の一端面はリング状の第3圧電素子33を介して前カバー6に当接する。また、アンギュラ玉軸受32の外輪の一端面はリング状の第4圧電素子34を介してハウジング5の突起部5bに当接している。したがって、アンギュラ玉軸受31、32、8、9の内輪はスピンドル2に固定される一方でそれぞれの外輪は圧電素子33、34、12、13の伸縮によって軸線方向に各々摺動可能に支持される。また、ハウジング5には圧電素子33、34を差動させるためのリード線を連通する連通孔35、36が設けられており、リード線は連通孔35、36を通して外部に導かれる。

このように、前後両方の軸受の両側に圧電素子

ものが用いられる。

したがって、本実施例では軸受に加わるスピンドル2を引き抜こうとする力が検知され、この力による軸受の変位がゼロとなるように両者の圧電素子への供給電圧差が制御される。その結果、引き抜き力が発生しても予負荷を一定に保つことができる。なお、変位検出用の圧電素子41は圧電素子12と軸受8の外輪との間に配設するようにしてもよい。

また、上記各実施例では軸受を差動させる素子として圧電効果を利用する圧電素子を適用した例を示したが、これに限らず圧電素子に代えて電歪効果を利用する電歪素子を圧電素子と同様の位置に設けるようにしてもよいことは言うまでもない。（効果）

本発明では、軸受の両側に圧電素子又は電歪素子を設け、該素子を作動させて、少なくとも一方の軸受を軸線方向に往復動させることにより、簡単な構造で軸受に所定の予負荷を応答性よく正確に与えることともに、外力に対して予負荷レベル

を容易に精度よく調整することができ、簡単な構造で低コスト化を図ることができる。

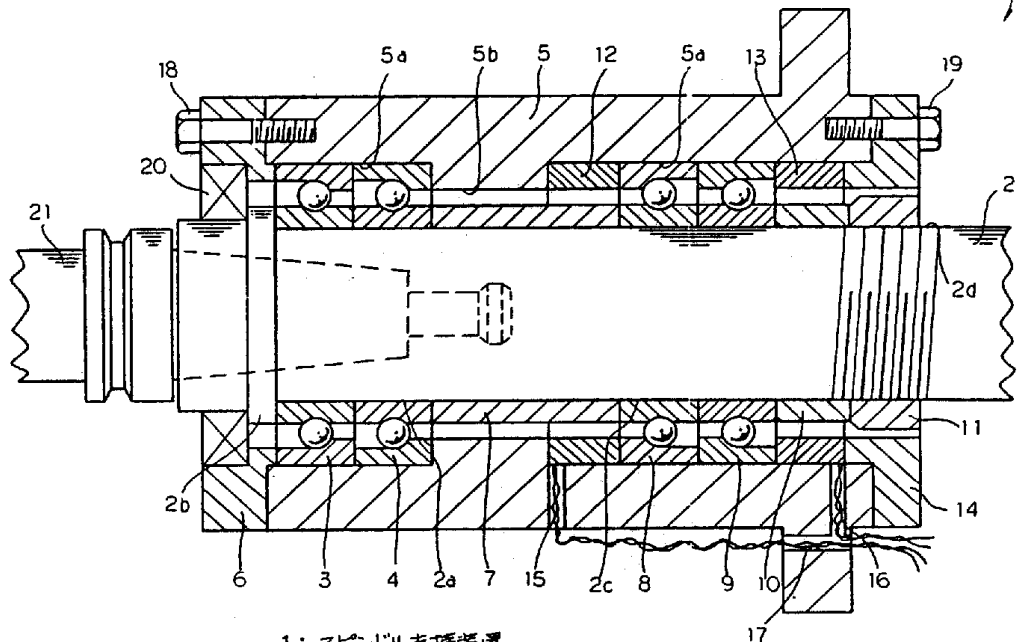
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係るスピンドル支持装置の第1実施例を示すその全体構成図、第2図は本発明に係るスピンドル支持装置の第2実施例を示すその全体構成図、第3図は本発明に係るスピンドル支持装置の第3実施例を示すその全体構成図である。

- 1 ……スピンドル支持装置、
  - 2 ……スピンドル、
  - 3、4 ……アンギュラ玉軸受、
  - 8、9 ……アンギュラ玉軸受、
  - 12 ……第1圧電素子
  - 13 ……第2圧電素子
- } (圧電素子)。

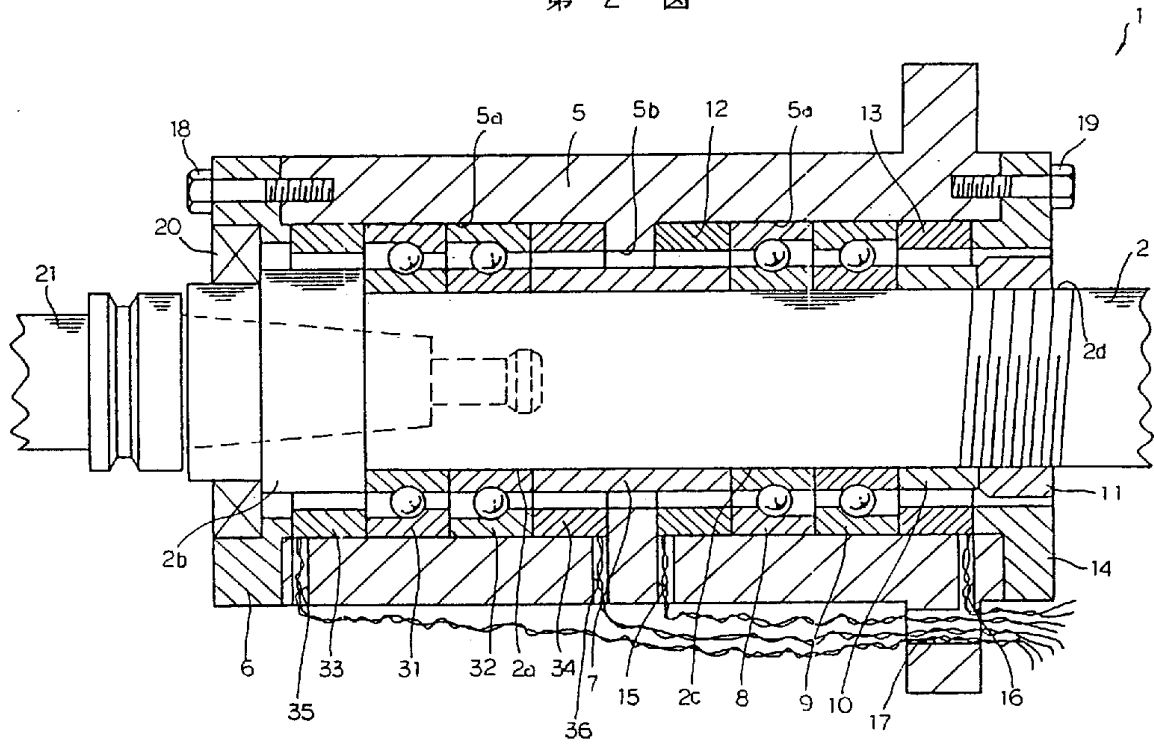
代理人 弁理士 有我 軍 一 郎

第 1 図

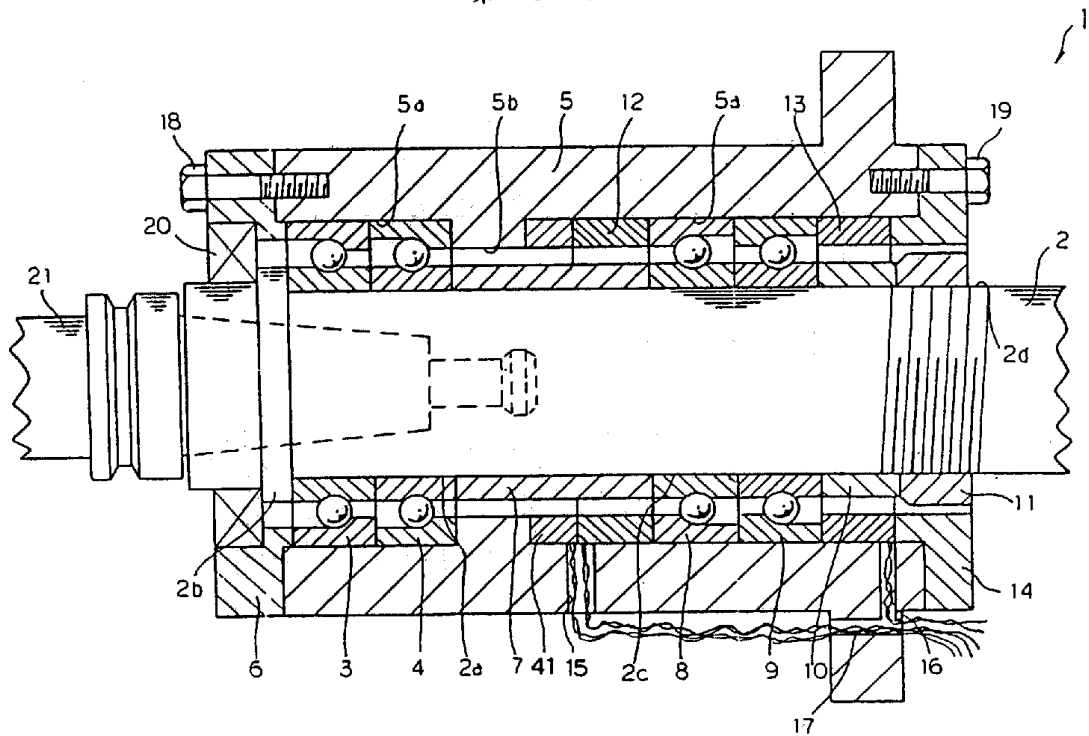


- 1: スピンドル支持装置
- 2: スピンドル
- 3, 4: アンギュラ玉軸受
- 8, 9: アンギュラ玉軸受
- 12: 第1圧電素子
- 13: 第2圧電素子

第 2 図



第 3 図



**PAT-NO:** JP401034602A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 01034602 A  
**TITLE:** SPINDLE SUPPORT DEVICE  
**PUBN-DATE:** February 6, 1989

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
YAMAMURA, MOTOHISA	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
TEIJIN SEIKI CO LTD	N/A

**APPL-NO:** JP62188389  
**APPL-DATE:** July 27, 1987

**INT-CL (IPC):** B23B019/02

**US-CL-CURRENT:** 408/238

**ABSTRACT:**

PURPOSE: To preload a bearing properly and with good responsiveness, and enable the control of a preload level accurately by providing a piezoelectric element or an electrostrictive element at both sides of at least one of two bearings and causing the reciprocating motion of one bearing in an axial direction via the operation of said element.

CONSTITUTION: Angular contact ball bearings 3 and 4 are fixed to a spindle 2 and a housing 5. The inner races of angular contact ball bearings 8 and 9 are fixed to the spindle 2 and the outer races thereof are made in contact with the housing 5 and a rear cover 14 in such a way as to reciprocate in an axial direction via the first and second piezoelectric elements 12 and 13. The speed of the spindle 2 is detected with a sensor, the applied voltage of the piezoelectric elements 12 and 13 is changed and a preload level working upon the angular contact ball bearings 8 and 9 is adjusted. It becomes possible, therefore, to transmit a preload level corresponding to the number of revolutions to the bearings properly and improve responsiveness via a simple constitution, thereby enabling the quick and proper adjustment of the preload level against the occurrence of an external force.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio